Indice de vulnérabilité et évaluation des risques de pollution des eaux souterraines : Cas de la plaine du Gharb (Maroc).

M. AMHARREF et A. BERNOUSSI
Laboratoire de Mathématiques Appliquées et Systèmes Environnementaux (MASE).
Faculté des Sciences et Techniques BP : 416 Tanger Maroc Tel : 0021239393954/55 (fax53) e mail : amharref@hotmail.com et bernou@fstt.ac.ma

INTRODUCTION

Les problèmes de gestion et de sauvegarde de la qualité des ressources en eaux deviennent de plus en plus prioritaires. A causes des difficultés techniques de dépollution et surtout du coût de celles ci, les mesures préventives s'imposent. Cela passe, dans un premier temps, par la cartographie des zones dites vulnérables et de celles dites à risques. Etant donné la complexité des mécanismes régissant le transfert d'un polluant et du grand nombre de paramètres qui entrent en jeux, différentes approches ont été proposées et utilisées pour la vulnérabilité initialement introduite par J. Margat dans les années 60 (Margat, 1968 ; Rehse, 1977 ; Vrba et Zaporozec, 1994 ; Gogu et Desargues, 1998 ; Lallemand et Barres, 1994...). Dans ce travail nous analysons la situation de la plaine du Gharb (Maroc) au niveau de la vulnérabilité et des risques de pollution des eaux souterraines ; en utilisant un indice de vulnérabilité, Iv, définit travers les trois paramtr es qui caractérisent le transfert d'un polluant de l'interface sol vers la nappe. Ces paramtres sont le temps de transit T, le rapport de la concentration en produit polluant l'arrivée la nappe C' par rappo rt la concentration initiale C la surface sol et le rapport de la recharge efficace R' par rapport à la recharge potentielle R. L'indice de vulnérabilité a été définit comme étant la somme de l'effet pondéré de ces trois paramètres :

$$\mathbf{Iv} = \alpha \frac{1}{T} + \beta \frac{C'p}{Cp} + \gamma \frac{R'}{R}$$

α, β et γ sont des coefficients de pondérations que nous avons pris, pour le cas de la plaine du Gharb égale à $\alpha = \beta = 2$ et $\gamma = 1$. Cet indice traduit en outre le principe communément admis, qu'une zone est vulnérable si le produit polluant atteint la nappe en un temps court et avec une concentration élevée (Amharref et al. 2001, 2002, 2003).

CARTE DE VULNERABILITE

La plaine du Gharb est située au nord ouest du Maroc. Elle s'étend dans la vallée de l'oued Sebou sur une superficie de 3000 km^2 (Fig.1). Elle est formée d'une épaisse série sédimentaire de dépts trs hétérognes succédant depuis les marnes du miocne jusqu'au limons du quaternaire récent. Son climat passe du sub-humide hivers tempérés en zone ctire semi-aride hivers chauds l'intérieure de la plaine. La lame d'eau moyenne annuelle des précipitations est de 460mm. Le drainage superficiel est assuré principalement par l'oued Sebou qui traverse la plaine d'est en ouest.

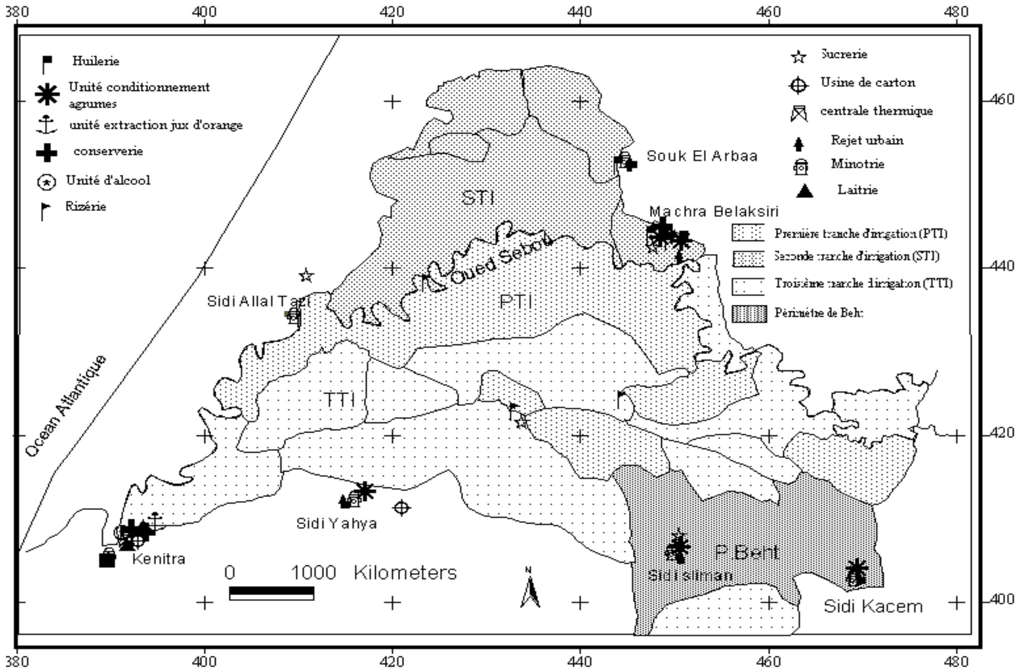

Fig. 1 Carte des sources potentielles de pollution de la plaine du Gharb

La plaine renferme un systme aquifre complexe constitué de deux principales nappes superposées qui sont : La nappe phréatique localisée au centre de la plaine et la nappe profonde qui affleure sur les pourtours sud et ouest et plonge au centre sous la nappe supérieure. L'aquifre profond est doté de bonnes caractéristiques hydrodynamiques dont la perméabilité varie de 10^{-4} à 6.10^{-3} m/s et la transmissivité varie de $1.5\ 10^{-2}$ m^2/s à $3\ 10^{-4}$ m^2/s (El Mansouri. 1999). Les perméabilités de l'aquifre supérieur sont comprises entre 10^{-7} et $2\ 10^{-5}$ m/s. L'écoulement général est du sud-est vers le nord-ouest dans la partie sud et devient sensiblement est-ouest dans les parties centre et ouest. La ligne de partage des eaux qui jalonne par endroit le Sebou est à mettre en relation avec une zone d'alimentation privilégiée par l'Oued.

Pour élaborer la carte de vulnérabilité intrinsque de la plaine du Gharb (Fig. 2), le degré de recharge a été estimé en se basant sur l'identification des zones d'infiltration concentrée et l'estimation du taux d'infiltration diffuse des précipitations. Quant aux temps de transit T et le rapport des concentrations Cp'/Cp ils sont estimés à travers la nature pedologique de la Zone Non Saturée (ZNS). Cette zone, d'une épaisseur variant entre 0.7 m dans la partie nord et 10 m au centre et au sud de la plaine, est formée de différentes sous couches de limon argileux et d'argiles limoneuses avec des intercalations de bancs de sable et/ou de sables limoneux. L'estimation de ces trois paramtres (T, R'/R et C'/C) à travers les données recueillis sur le terrain ou fournis par l'ORMVAG et la DPTP nous a permis de dresser une carte de vulnérabilité intrinsque de la plaine du Gharb (Fig. 2) (Amharref et al. 2002). L'usage du Systme d'Information Géographique (SIG) a facilité l'élaboration des cartes.

CARTE DES RISQUES DE LA PLAINE DU GHARB

La carte des risques potentiels de pollution de la plaine (Fig. 3) a été élaborée par la confrontation de la carte de vulnérabilité intrinsque (Fig. 2) avec celle des sources potentielles de pollution (Fig.1). Vu l'intense activité agricole que connaît la plaine sur sa totalité, le risque potentiel d'une pollution diffuse dépend en l'occurrence de sa vulnérabilité intrinsque. Pour la pollution localisée, les sources potentielles de pollution restent limitées et concentrées en particulier aux alentours des villes de kénitra et Machrra Belakssiri et le long du fleuve Sebou qui constitue le collecteur des rejets.

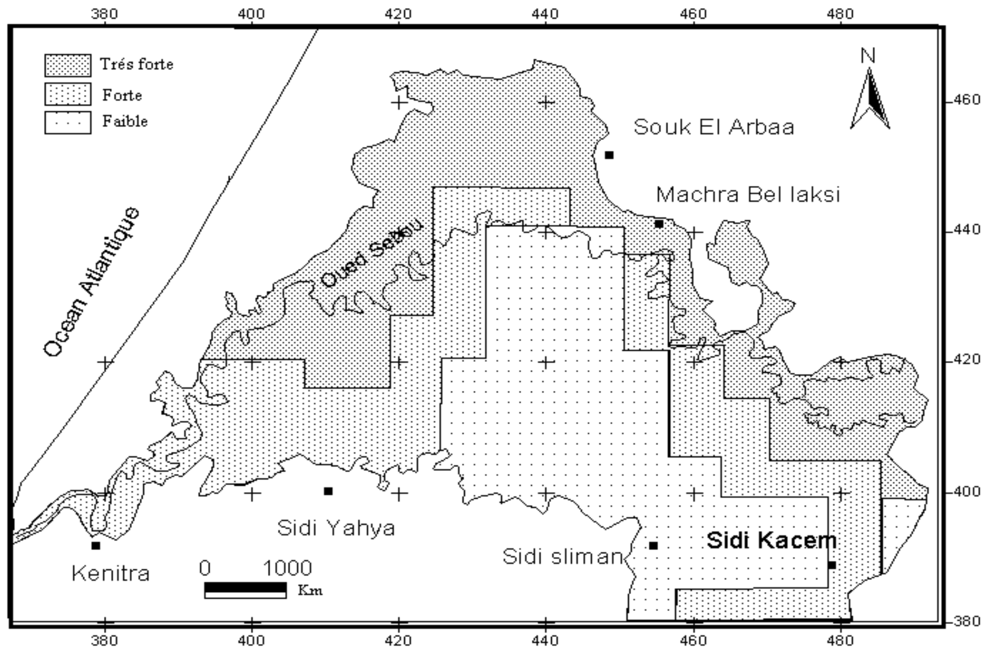

Fig. 2. Carte de vulnérabilité intrinsèque de la plaine du Gharb

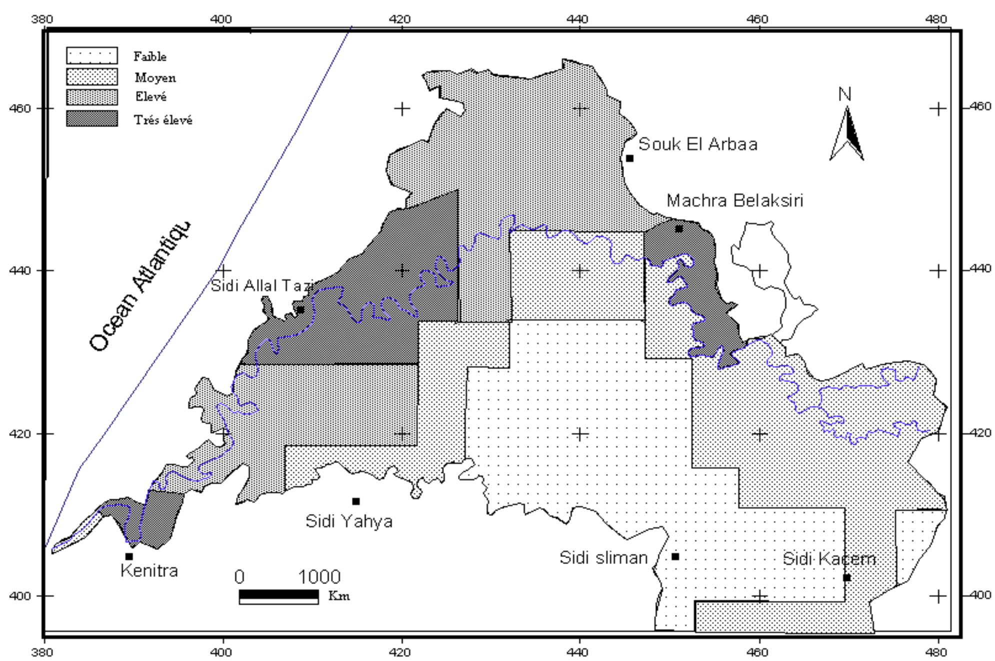

Fig. 3. Carte des risques de pollution de la plaine du Gharb

L'analyse de la carte des risques de pollution des eaux de la plaine du Gharb permet de déduire que l'aménagement hydro agricole de la plaine, qui a mis en place un systme d'irrigation dont le plus répandu est le gravitaire, risque d'accentuer le lessivage des résidus agricole notamment dans la STI, la partie ouest de la PTI et de la TTI (Fig. 1). Ce lessivage est autant grave que ces zones couvrent des zones à forte et à trs forte vulnérabilité . En effet, dans les eaux de la nappe phréatique, des teneurs en nitrate supérieur à 50 mg/l ont été signalées dans la majeure partie de ces zones (DRPE. 1998).

Ces teneurs en nitrates atteignent des valeurs alarmantes de 200 à 250 mg/l au nord et au centre de la plaine. Aussi, le rejet dans l'oued Sebou et ses affluents, sans aucun traitement préalable, des eaux usées des villes et des industries se trouvant sur le bassin versant de Sebou présente un haut potentiel de risque de contamination des eaux souterraines ; surtout que l'oued traverse sur presque la totalité de son cours des zones trs vulnérables . Ce risque est autant plus grave que des échanges sont possibles d'une part entre l'oued et la nappe superficielle et d'autre part entre les deux nappes (superficielle et profonde) en particulier dans le secteur sud est de la plaine ou une alimentation par drainage descendante est possible (DRPE. 1998).

CONCLUSION

La cartographie de la vulnérabilité et des risques de pollution des eaux souterraines est une méthodologie qui est devenue nécessaire afin d'assurer la gestion qualitative des ressources en eau en relation avec les diverses activités humaines. Elle apparaît donc nécessaire et incontournable car ce type de carte permet d'identifier très facilement les zones à risques à de potentielles pollutions et oriente donc l'aménagement du territoire. Dans ce travail, nous avons considéré le cas de la plaine du Gharb en tenant compte essentiellement des activités agricoles et agro-industrielles en fonction des données disponibles. D'autres études et des prélèvements et analyses en laboratoire paraissent nécessaires afin de dresser une carte de risque plus précise.

RÉFÉRENCES

1. **Amharref M., Mania J., Haddouchi B**. 2001. Adaptation of an evaluation vulnerability method to groundwater pollution. Proceeding of Salt Water Intrusion in Coastal Aquifer 23 –25 April Essaouira, Maroc.
2. **Amharref M., Assine S., Bernoussi A**., 2002.Cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines : application au cas de la plaine du Gharb. Proceeding du Congrs Int de math. Appl. JANO7, Tanger 17-19 avril.
3. **Amharref M., Haddouchi B**. 2003. les ressources en eau : vulnérabilité et protection. Actes IIme.Jour.Géosc.Envir Tom I pp 9-15.
4. **Bernoussi A. Amharref M**. 2003. Etalabilité-Vulnérabilité. "Annales de l'Université de Craiova, Math. Comp.Sci.Ser. V.30 pp 53-62 ISSN 1223-6934.
5. **DRPE (Direction de la Recherche et de la Planification des Eaux)** 1998**.** Plan directeur de Sbou. Rapport interne, Direction de l'Hydraulique Rabat.
6. **Gogu R et Dassargues A**. 1998. A short review on groundwater vulnerability assessment, Basic statements for use in the framework of the cost 620 action. Workshop 18-20 mai Université de Neuchâtel.
7. **Lallemand – Barres A., Roux J-C.** 1989. Guide méthodologique d'établissement des périmtres de protection des captages d'eau souterraine destinées à la consommation humaine. BRGM manuels et Méthode n° 19.
8. **Margat J.** 1968. Vulnérabilité des nappes d'eau souterraine à la pollution. Base de la cartographie, Doc. BRGM, 68 SGL 198 HYD. Orléans, France.
9. **ONEP (Office National des Eaux Potables)** 1996. Action en matire de contrôle de la pollution des eaux susceptibles de servir à l'alimentation en eau potable. Rapport inédit.
10. **ORMVAG (Office de Mise en Valeur Agricole du Gharb)** 1996. Etude pédologique de la plaine du Gharb au 1/20 000. Rapport interne ORMVAG Kenitra
11. **Rehse W.** 1977. Elimination und abbau von organische fremdstoffen, pathogenen keimen und virenin lockergestein. Z. dt geol.ges.128; 319-329 .Hannove.
12. **Vrba J., Zaporozec A.** 1994. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. IAH vol. n° 16.